

# Napredne metode računalniškega vida za avtonomno navigacijo robotskega plovila

Aleksandar Dimitriev<sup>1</sup>, Franc Oven<sup>1</sup>, Tina Strgar<sup>1</sup>, Aleš Černe<sup>2</sup>,  
Jošt Novak<sup>2</sup>, Duško Vranac<sup>3</sup>, Matej Kristan<sup>1</sup>, Janez Perš<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Večna pot 113, 1000 Ljubljana

<sup>2</sup>Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška cesta 25, 1000 Ljubljana

<sup>3</sup>Harpha Sea d.o.o., Čevljarska 8, 6000 Koper

Email: [dusko@harphasea.si](mailto:dusko@harphasea.si), [matej.kristan@fri.uni-lj.si](mailto:matej.kristan@fri.uni-lj.si), [janez.pers@fe.uni-lj.si](mailto:janez.pers@fe.uni-lj.si)

## Advanced computer vision for autonomous robotic boat navigation

*The aim of our project is development of computer vision algorithms for autonomous navigation of a sea vessel by means of image segmentation and stabilization, long-term tracking, inference of 3D structure from motion, and horizon detection.*

### 1 Motivacija

Podjetje Harpha Sea iz Kopra je v preteklih letih s pomočjo partnerskih podjetij in raziskovalnih skupin na Univerzi v Ljubljani ter zasebnega inštituta razvilo avtonomno plovilo za hidrografske in bio-kemične meritve (Slika 1). Poseben izziv je avtonomna navigacija takega plovila v dinamičnih okoljih kakršni je priobalni pas, v katerem plovilo izvaja meritve, saj je zaradi prometa, plavalcev in drugih dinamičnih elementov okolje zelo nepredvidljivo. Namen našega projekta je izboljšanje sistema za avtonomno navigacijo s pomočjo naprednih metod računalniškega vida. V projektu smo analizirali in implementirali metode, kot so segmentacija in stabilizacija s kamero zajetih slik, dolgoročno sledenje objektom ter določanje strukture iz gibanja.



Slika 1: Avtonomno robotsko plovilo podjetja Harpha Sea, d.o.o.

### 2 Metode

Razvili smo splošno metodo za segmentacijo slike na podlagi barve in texture, ki razgradi sliko v manjše število skladnih komponent, kot so nebo, obala in morebitni objekti. Metoda je namenjena segmentaciji

v okoljih, kjer ni moč uporabiti semantičnega predznanja o strukturi pogleda. Tako pridobljena slika plovilu pomaga pri boljšem izogibanju oviram.

Razvili smo metodo, ki preko senzorja IMU oceni mejo roba morja v sliki ter s tem pripomore k boljši segmentaciji. S pomočjo stereo sistema kamer sistem oceni globinsko sliko, kar poveča robustnost pri zaznavanju ovir in nadaljnem planiranju poti.

Razvili smo dolgoročni vizualni sledilnik, ki temelji na lokalnih značilnicah. Željenemu objektu sledimo znotraj slikovnega polja, predvsem pa ga prepoznamo tudi po tem, ko je dalj časa odsoten. Uporaben je pri navigaciji in izogibanju dinamičnim oviram, s pomočjo ostalih razvitih metod pa tudi za lokalizacijo željenih objektov.

Sledeni objekt lahko s pomočjo kalibriranega sistema IMU-GPS-kamera preslikamo v svetovni koordinatni sistem. Metoda za lokalizacijo uporablja več pogledov objekta iz različnih lokacij v različnih časovnih trenutkih. Za lokalizacijo premikajočih se objektov smo metodo razširili s prirejenimi optimizacijskimi algoritmi.

Razvili smo metodo za ocenjevanje 3D prostorske strukture iz (nekalibriranih) zaporednih slik. Nadgradnja metode s pristopom hkratne lokalizacije in kartiranja omogoča sprotno ocenjevanje mape obale ter razmeroma oddaljenih večjih objektov na morju. Mapo lahko predstavljamo kot oblake točk ovir locirane v svetovnem koordinatnem sistemu. Tako dobljeni oblaki točk se lahko nato uporabijo za boljšo samolokalizacijo plovila.

### Zahvala

Projekt delno financira Evropska unija, in sicer iz Evropskega socialnega sklada. Projekt se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013, 1. razvojne prioritete "Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti ter prednostne usmeritve" 1.3. "Štipendijske sheme", v okviru potrjene operacije "Po kreativni poti do praktičnega znanja".



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,  
ZNANOST IN ŠPORT